

Computer Graphics (in2905-I)
2 november 2007, 09.00 - 12.00 uur.

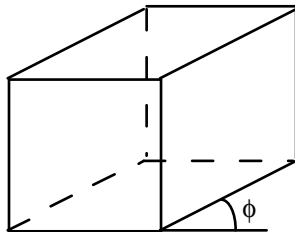
N.B.: Dit tentamen bestaat uit 30 opgaven
Totaal aantal bladzijden: 11

Aanwijzingen bij het invullen van de antwoordformulieren:

- Vul het antwoordformulier bij voorkeur in met **pen** (beslist **geen rode pen** gebruiken en **geen doorhalingen**). Met **potlood** invullen mag ook, maar niet te licht (gummen mag).
 - Vergeet niet je **naam** en **studienummer** in te vullen.
 - Vul je **studienummer zowel in cijfers als ook met streepjes** in (controleer goed).
-

Opgave 1

Een cavalier projectie is een parallelprojectie waarbij de projectierichting een hoek van 45° met het projectievlak maakt. In onderstaande figuur zien we zo'n cavalier projectie van een kubus. De lijnen loodrecht op het projectievlak zijn onder een hoek van $\phi = 30^\circ$ afgebeeld.



cavalier projectie van kubus

De transformatiematrix van deze projectie is:

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 & p & 0 \\ 0 & 1 & q & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

Wat is de waarde van p en q ?

- | | p | q | | p | q |
|----|-----------------------|---------------|----|---------------|-----------------------|
| a. | $\frac{1}{2}\sqrt{3}$ | $\frac{1}{2}$ | b. | $\frac{1}{2}$ | $\frac{1}{2}\sqrt{3}$ |
| c. | $\frac{1}{4}\sqrt{3}$ | $\frac{1}{4}$ | d. | $\frac{1}{4}$ | $\frac{1}{4}\sqrt{3}$ |

Opgave 2

In programma's die gebruik maken van OpenGL worden *idle events* gegenereerd. Welke uitspraak over een idle event is juist?

- a. Een idle event wordt gegenereerd om te realiseren dat een programma niet meer reageert op gebruikersinvoer vanaf een gegeven invoerapparaat.
- b. Een idle event wordt gegenereerd om aan te geven dat een bepaald invoerapparaat gedurende een bepaalde tijd inactief moet zijn.
- c. Een idle event wordt gegenereerd als het programma geen andere events meer heeft af te handelen.
- d. Een idle event activeert een invoerapparaat dat zich in een idle toestand bevindt.

Opgave 3

Om een 3D rotatie $\mathbf{v}' = R(\theta) \cdot \mathbf{v}$ uit te voeren over een hoek θ om de lijn door $O(0, 0, 0)$ en $P(2\sqrt{3}, \sqrt{2}, \sqrt{2})$, voeren we achtereenvolgens een aantal rotaties uit om assen van het rechtshandige 3D assenstelsel, nl.

$$R(\theta) = R_x^{-1}(\alpha) \cdot R_y^{-1}(\beta) \cdot R_z(\theta) \cdot R_y(\beta) \cdot R_x(\alpha)$$

Wat is de grootte van de hoeken α en β ?

- a. $\alpha = -30^\circ$ $\beta = 45^\circ$
- b. $\alpha = -60^\circ$ $\beta = 45^\circ$
- c. $\alpha = 45^\circ$ $\beta = -30^\circ$
- d. $\alpha = 45^\circ$ $\beta = -60^\circ$

Opgave 4

Een x-richting shearing transformatie t.o.v. de lijn $y=2$ beeldt het punt $P(4, 4)$ af op $P'(10, 4)$. Wat is de shear parameter?

- a. 1.5
- b. 2.5
- c. 3
- d. 6

Opgave 5

Gegeven zijn de polygons ABC, DEF en GHI. De coördinaten van de hoekpunten zijn:

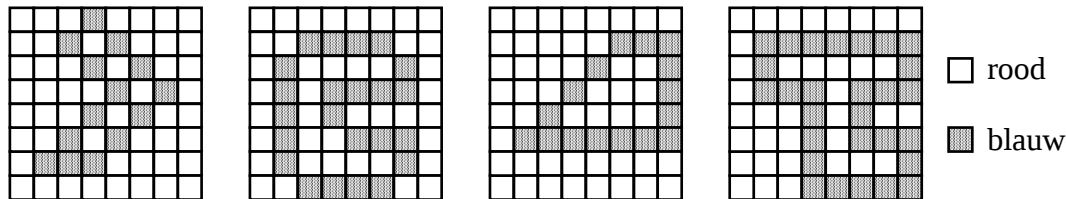
polygon ABC	polygon DEF	polygon GHI
A = (-1, 1, 0)	D = (1, 3, 4)	G = (3, 1, 2)
B = (-1, 3, 1)	E = (4, -3, 1)	H = (1, 0, 0)
C = (3, -1, 2)	F = (0, 1, 2)	I = (-1, 3, 0)

Welke van deze polygons liggen in evenwijdige vlakken?

- a. alleen ABC en DEF
- b. alleen ABC en GHI
- c. alleen DEF en GHI
- d. alle drie de polygons

Opgave 6

In een frame buffer hebben alle pixels de kleur rood. Vervolgens worden de pixels van de onderstaande figuren blauw gemaakt. De vier figuren vormen de begrenzingen van vier polygons.



Beschouw de volgende beweringen over bovenstaande polygons, waarvan alleen het binnengebied gevuld moet worden:

- (I) Er is precies één polygon dat niet met het 4-connected boundary-fill algoritme met blauw gevuld kan worden.
- (II) Er is precies één polygon dat met het 8-connected flood-fill algoritme met geel gevuld kan worden.

Van deze beweringen is:

- | | (I) | (II) |
|----|---------|---------|
| a. | juist | juist |
| b. | juist | onjuist |
| c. | onjuist | juist |
| d. | onjuist | onjuist |

Opgave 7

Beschouw de volgende beweringen:

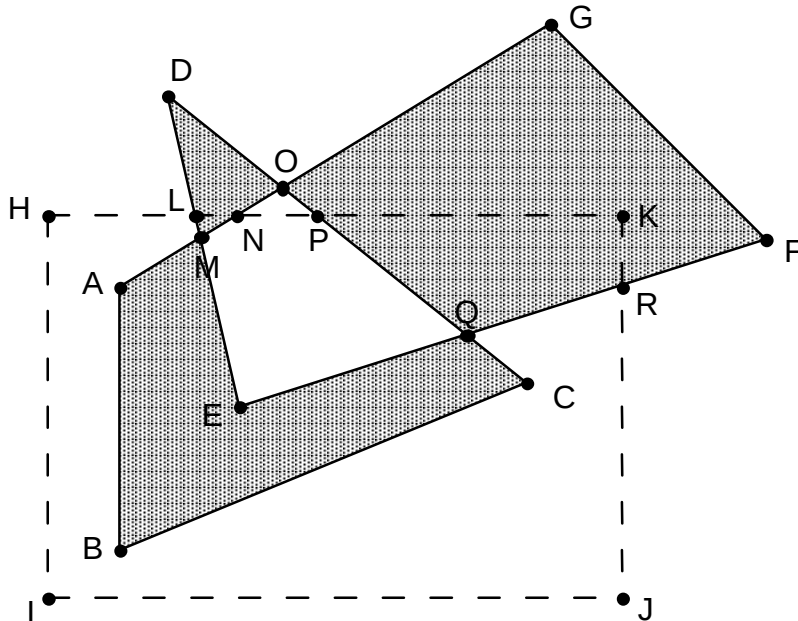
- (I) Homogene coördinaten zijn noodzakelijk om een translatie met behulp van een matrix te representeren.
- (II) Homogene coördinaten zijn noodzakelijk om een perspectief transformatie met behulp van een matrix te representeren.

Van deze beweringen is:

- | | (I) | (II) |
|----|---------|---------|
| a. | juist | juist |
| b. | juist | onjuist |
| c. | onjuist | juist |
| d. | onjuist | onjuist |

Opgave 8

Het polygon ABCDEFG wordt geclipd tegen het window HIJK met het Sutherland Hodgeman algoritme. Welk polygon is het resultaat van dit clipping proces?



- ABCPLERKN
- ABCPKRELN
- ABCPNMERKLM
- het polygon kan niet goed met dit algoritme geclipd worden

Opgave 9

We willen een afbeelding maken van een convex solid object waarvan het oppervlak is benaderd met polygons. Wat is de *eenvoudigste (minst rekenintensieve)* manier om een *correcte* afbeelding te verkrijgen van dit object?

- scan converteer alle polygons in een willekeurige volgorde
- pas backface removal toe; scan converteer vervolgens alle overgebleven polygons in willekeurige volgorde
- pas een hidden surface removal algoritme toe (zoals het z-buffer algoritme)
- pas backface removal toe; pas vervolgens een hidden surface removal algoritme toe (zoals het z-buffer algoritme)

Opgave 10

Gegeven is dat het Center Of Projection het punt $(0, 0, 0)$ is en het View Reference Point het punt $(0, 0, -10)$, beiden in viewing coördinaten. Het View Reference Point ligt in het projectievlak. P is het punt $(3, 6, -3)$, eveneens in viewing coördinaten. Wat is het beeld van het punt P bij uitvoering van de perspectieftransformatie?

- $(10, 20, -10)$
- $(-10, -20, 10)$
- $(10, 60, -30)$
- $(-10, -60, 30)$

Opgave 11

Welke van onderstaande vier uitspraken is juist?

Het uitwendig product van twee onafhankelijke vectoren $\mathbf{v}_1$ en $\mathbf{v}_2$ is:

- a. het product van de lengte van $\mathbf{v}_1$ en de lengte van de projectie van $\mathbf{v}_2$ op $\mathbf{v}_1$.
- b. de vector die de kleinste hoek tussen $\mathbf{v}_1$ en $\mathbf{v}_2$ deelt met een lengte die het gemiddelde is van de lengten van $\mathbf{v}_1$ en $\mathbf{v}_2$.
- c. de vector die de grootste hoek tussen $\mathbf{v}_1$ en $\mathbf{v}_2$ deelt met een lengte die gelijk is aan de som van de lengtes van de projecties van de twee vectoren op elkaar.
- d. een vector die loodrecht op de vectoren $\mathbf{v}_1$ en $\mathbf{v}_2$ staat, waarbij de richting éénduidig bepaald wordt met de rechterhandregel.

Opgave 12

Een van de algoritmen voor hidden surface removal is het z-buffer algoritme. Wat wordt in de z-buffer opgeslagen?

- a. Voor ieder polygon wordt de afstand van dat polygon tot de waarnemer opgeslagen.
- b. Voor ieder polygon wordt opgeslagen of de projectie van het polygon de huidige scan line snijdt.
- c. Voor ieder pixel wordt opgeslagen of de projectie van het huidige polygon het pixel overlapt.
- d. Voor ieder pixel wordt opgeslagen wat de kleinste z-richting afstand tot een polygon is, bepaald over alle verwerkte polygons waarvan de projectie het pixel overlapt.

Opgave 13

Een 3D transformatie in een rechtshandig coördinatenstelsel kan worden gerepresenteerd door

een 4x4 matrix M , waarbij $\begin{pmatrix} x' \\ y' \\ z' \\ 1 \end{pmatrix} = M \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{pmatrix}$. De matrix $M = \begin{pmatrix} 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$ representeert

een rotatie om een lijn door de oorsprong over 180° . Wat is de vectorvoorstelling van die lijn?

a. $\begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} = \lambda \begin{pmatrix} 1 \\ -1 \\ -1 \end{pmatrix}$

b. $\begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} = \lambda \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ -1 \end{pmatrix}$

c. $\begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} = \lambda \begin{pmatrix} 1 \\ -1 \\ 1 \end{pmatrix}$

d. $\begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} = \lambda \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix}$

Opgave 14

Gegeven is dat de matrix $M = \begin{pmatrix} -\frac{250}{3} & -\frac{200}{3} & 150 \\ 0 & -200 & 200 \\ \frac{1}{3} & -\frac{7}{12} & 1 \end{pmatrix}$.

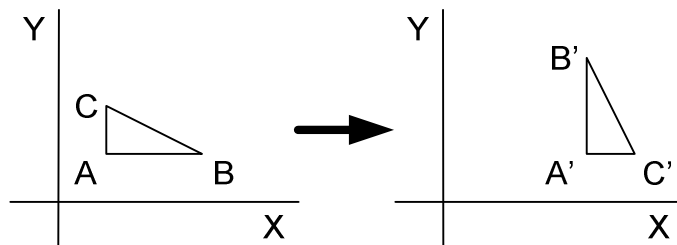
M is de matrix van een perspective mapping die de vierhoek ABCD met hoekpunten A(0, 0), B(1, 0), C(1, 1) en D(0, 1) in de textuur ruimte afbeeldt op een vierhoek in de schermruimte. De hoekpunten van de vierhoek in schermruimte zijn P(0, 0), Q(200, 0), R(150, 200) en S(50, 150). Op welk hoekpunt wordt D(0, 1) afgebeeld door deze perspective mapping?

- a. op punt P = (0, 0)
- b. op punt Q = (200, 0)
- c. op punt R = (150, 200)
- d. op punt S = (50, 150)

Opgave 15

Gegeven zijn de punten A(1, 1), B(3, 1), C(1, 2), A'(3, 1), B'(3, 3) en C'(4, 1). De transformatie die A op A', B op B' en C op C' afbeeldt heeft transformatiematrix

$M = \begin{pmatrix} a & b & c \\ d & e & f \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$. Wat is de waarde van c ?



- a. 1.0
- b. 1.5
- c. 2.0
- d. 2.5

Opgave 16

Welke functie aanroep is geschikt om bij 2D graphics in OpenGL het window voor de window to viewport transformatie te definiëren?

- a. `glOrtho(xwmin, xwmax, ywmin, ywmax)`
- b. `glOrtho(xwmin, xwmax, ywmin, ywmax, 0, 0)`
- c. `glOrtho(xwmin, xwmax, ywmin, ywmax, 1, 1)`
- d. `glOrtho(xwmin, xwmax, ywmin, ywmax, -1, 1)`

Opgave 17

We willen een afbeelding maken met zwarte lijnen op een witte achtergrond. Om aliasing te voorkomen wordt gebruik gemaakt van supersampling. Eerst wordt een afbeelding gemaakt op dubbele resolutie in x- en y-richting en hieruit worden de kleuren voor de pixels bepaald. Hoeveel grijsntinten zullen uiteindelijk in de afbeelding met antialiasing worden gebruikt?

- a. 2
- b. 4
- c. 5
- d. 8

Opgave 18

Beschouw de volgende transformaties met matrices M_1 t/m M_4

$$M_1 = T(-1,0) \cdot S(1,-1) \cdot T(1,0)$$

$$M_2 = T(1,0) \cdot S(1,-1) \cdot T(-1,0)$$

$$M_3 = R(45^\circ) \cdot S(1,-1) \cdot R(-45^\circ)$$

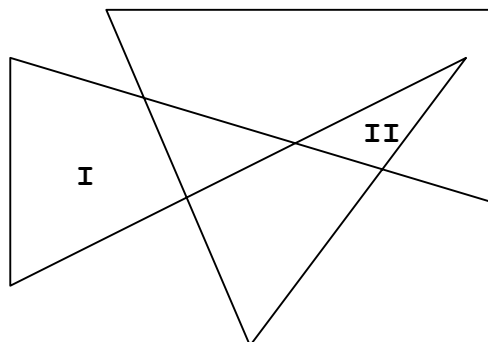
$$M_4 = R(-45^\circ) \cdot S(-1,1) \cdot R(45^\circ)$$

Welke van deze transformaties zijn aan elkaar gelijk?

- a. $M_1 = M_2$ en $M_3 = M_4$
- b. alleen $M_1 = M_2$
- c. alleen $M_3 = M_4$
- d. de vier transformaties zijn alle vier verschillend

Opgave 19

Gegeven is het onderstaande polygon. Met de “non zero winding number” regel wordt bepaald wat het binnengebied van het polygon is. Het “winding number” van gebied **I** is 1. Wat is dan het “winding number” van gebied **II**?



- a. -2
- b. -1
- c. 0
- d. 2

Opgave 20

Gegeven is het vlak met vergelijking $V : 3x - 2y + z - 3 = 0$ en het punt $P = (2, 5, -3)$. Voor welk punt Q is de afstand van Q tot V precies gelijk aan de afstand van P tot V ?

- a. $Q = (0, 5, 2)$
- b. $Q = (3, 1, 5)$
- c. $Q = (6, 3, 1)$
- d. $Q = (8, 6, 2)$

Opgave 21

Een eenvoudig lichtreflectiemodel maakt gebruik van de vectoren $\mathbf{L}$ (naar de lichtbron), $\mathbf{V}$ (naar de waarnemer), $\mathbf{N}$ (de normaalvector op het objectoppervlak) en de vector $\mathbf{H} = (\mathbf{L} + \mathbf{V}) / |\mathbf{L} + \mathbf{V}|$

Bij de berekening van welke component(en) van het lichtreflectiemodel speelt de hoek tussen $\mathbf{N}$ en $\mathbf{H}$ een rol?

- a. de ambient component
- b. de spiegelende reflectie component
- c. de diffuse reflectie component
- d. de spiegelende reflectie component en de diffuse reflectie component

Opgave 22

Bij Phong shading vindt interpolatie plaats. Wat wordt geïnterpoleerd?

- a. de normaalvector op het oppervlak
- b. de ambient component van het lichtmodel
- c. de reflectie coëfficiënt van het materiaal
- d. de kleurcomponenten (r, g en b)

Opgave 23

Een kubus is in een wereld coördinatenstelsel geplaatst met het middelpunt van de kubus in de oorsprong en de zijden van de kubus evenwijdig aan de assen van het wereld coördinatenstelsel.

Van deze kubus wordt een afbeelding gemaakt met view reference punt $(0, 0, 0)$ en center of projection $(10, 10, 10)$. De contour van de kubus in de afbeelding is een regelmatige zeshoek (alle zijden even lang). Wat voor soort afbeelding is van deze kubus gemaakt?

- a. een orthografische parallelprojectie
- b. een scheve parallelprojectie
- c. een 1-punts perspectief projectie
- d. een 2-punts perspectief projectie

Opgave 24

Welke stap die deel uitmaakt van de 3D polygon rendering pipeline wordt ook altijd als afzonderlijke stap uitgevoerd bij het maken van een afbeelding met standaard ray tracing?

- a. transformeren van punten met de viewing transformatie matrix
- b. transformeren van punten met de perspectief projectie matrix
- c. clippen van het model tegen een viewing piramide
- d. toepassen van het lichtreflectiemodel

Opgave 25

De perspectivische mapping van een 2D textuur op een willekeurige vierhoek in een 2D coördinatenstelsel kan worden voorgesteld door een matrix M .

De matrix λM voor $\lambda \neq 0$ stelt dan ook een perspectivische mapping voor. Welke uitspraak over M en λM is juist?

- a. M en λM stellen dezelfde perspectivische mapping voor.
- b. De perspectivische mapping met matrix λM mapt de textuur λ keer zo groot op de vierhoek als de mapping met matrix M .
- c. De perspectivische mapping met matrix λM is het product van de perspectivische mapping met matrix M en een homogene schaling met schaalfactor λ .
- d. De perspectivische mapping met matrix λM mapt de textuur op een (in x- en y-richting) twee keer zo grote vierhoek als de mapping met matrix M .

Opgave 26

Van een polygonmodel willen we een afbeelding maken met gebruik van parallelprojectie. De kijkrichting in wereldcoördinaten (van center of projection naar view reference point) is gelijk

aan $\mathbf{v} = \begin{pmatrix} v_x \\ v_y \\ v_z \end{pmatrix}$. De vlakvergelijking van een van de polygons van het model, eveneens in

wereldcoördinaten, is gelijk aan $ax + by + cz + d = 0$. Het punt $P = (p_x, p_y, p_z)$ is een van de hoekpunten van het polygon. Met welke voorwaarde kan bepaald worden of het vlak een achtervlak is of een voorvlak?

- a. $v_x p_x + v_y p_y + v_z p_z \geq 0$
- b. $v_x a + v_y b + v_z c \geq 0$
- c. $v_x a + v_y b + v_z c + d \geq 0$
- d. $c \geq 0$

Opgave 27

Bij het lijn clipping algoritme van Cohen en Sutherland wordt voor beide eindpunten van een te clippen lijnstuk een 4-bits code opgesteld. Aan de hand van de twee 4-bits codes wordt vastgesteld of het lijnstuk geaccepteerd of verworpen kan worden of dat een deel van het lijnstuk verwijderd moet worden.

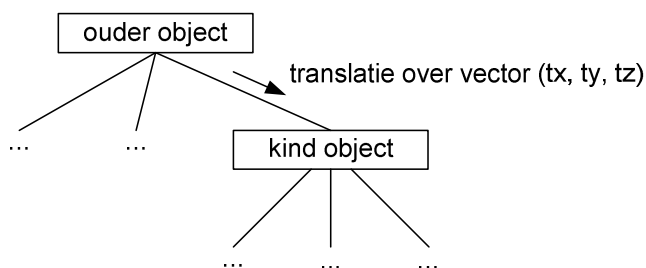
We willen het lijnstuk AB clippen met dit algoritme. De code van A en van B noemen we c_A en c_B . Voor welke combinatie van waarden van c_A en c_B kunnen we op grond van 4-bits codes besluiten om het lijnstuk te verwerpen?

- | | c_A | c_B |
|----|-------|-------|
| a. | 0000 | 0000 |
| b. | 0101 | 1010 |
| c. | 0001 | 1000 |
| d. | 0101 | 1001 |

Opgave 28

OpenGL biedt de mogelijkheid om tijdens scene graph traversal bij te houden wat de juiste transformatiematrix is voor de gehele sub-graaf die onder de huidige knoop in de graaf hangt. Hiervoor wordt gebruik gemaakt van de functies `glPushMatrix` en `glPopMatrix`.

De onderstaande figuur toont een gedeelte van een scene graph. De transformatie die bij de tak in de graaf hoort is een translatie over de vector (tx, ty, tz) .



Wat is de juiste volgorde van OpenGL functie aanroepen tijdens het **afdal**en in de scene graph?

- a. `glTranslatef(tx, ty, tz);`
`glPushMatrix();`
- b. `glTranslatef(tx, ty, tz);`
`glPopMatrix();`
- c. `glPushMatrix();`
`glTranslatef(tx, ty, tz);`
- d. `glPopMatrix();`
`glTranslatef(tx, ty, tz);`

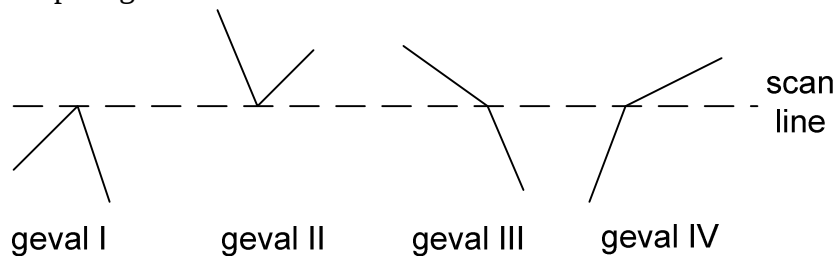
Opgave 29

Een window $[xwmin, xwmax, ywmin, ywmax] = [3, 23, 7, 27]$ wordt op een viewport $[xvmin, xvmax, yvmin, yvmax] = [100, 900, 300, 800]$ afgebeeld. Op welk punt wordt $P = (6, 13)$ afgebeeld door deze window to viewport transformatie?

- a. op $P' = (200, 400)$
- b. op $P' = (200, 450)$
- c. op $P' = (220, 400)$
- d. op $P' = (220, 450)$

Opgave 30

Bij polygon scan conversie algoritmen kunnen scanlines die door hoekpunten van het polygon gaan problemen opleveren. In welke van de onderstaande vier gevallen moeten beide in een hoekpunt samenkomende zijden ieder een snijpunt opleveren op de scan line die door het hoekpunt gaat?



- a. in alle vier de gevallen
- b. alleen in geval I en geval II
- c. alleen in geval III en geval IV
- d. in geen van de vier gevallen

einde tentamenopgaven